



粮食和农业遗传资源委员会

暂定议程议题 6

粮食和农业微生物和无脊椎动物遗传资源 政府间技术工作组

第一届会议

2024 年 9 月 25-27 日，罗马

反刍动物消化相关微生物

目录

	段次
I. 引言	1-7
II. 背景	8-9
III. 概述、现状和趋势	10-12
IV. 鉴定和保存	13-16
V. 可持续利用	17-20
VI. 政策、法律和制度框架	21-25
VII. 差距、需求和潜在行动	26-27
III. 征求指导意见	28

I. 引言

1. 粮食和农业遗传资源委员会（遗传委）第十七届例会通过了《粮食和农业微生物和无脊椎动物遗传资源可持续利用和保护工作计划》（下文简称“《工作计划》”）¹。根据《工作计划》，并根据一项研究草案²，遗传委上届会议讨论了反刍动物消化相关微生物问题。
2. 遗传委对研究草案表示欢迎，并建议将其定稿，强调需要在填补研究空白之后，再作为背景研究文件发布和分发³。遗传委还建议粮农组织在有关保护和可持续利用反刍动物消化相关微生物工作中酌情考虑到此项研究的结果⁴。该研究随后作为第 75 号背景研究文件发布⁵。
3. 遗传委请成员促进保护和可持续利用反刍动物消化相关微生物，并确保地方、国家和区域政策及政策制定进程予以适当考虑。遗传委建议粮农组织监测该领域政策动向并就此向遗传委报告。遗传委还请成员在国家层面统筹推进地方品种、饲料和瘤胃微生物所含遗传多样性的管理和保护工作⁶。
4. 遗传委还鼓励科研机构等利益相关方围绕反刍动物消化相关微生物保护和可持续利用开展合作，尤其是在发展中国家和经济转型国家合作开展能力建设⁷。
5. 遗传委请各成员和利益相关方加强对瘤胃微生物组管理的研究，特别是与反刍动物分类、育种和饲养、生产效率、抗病虫害和适应不断变化的环境条件有关的研究，以及关于相关微生物对动物和人类健康潜在影响及其对于饲料创新以促进减缓气候变化方面的研究。还指出需要进一步研究瘤胃微生物的局部多样性⁸。
6. 遗传委要求粮食和农业微生物和无脊椎动物遗传资源政府间技术工作组（工作组）在第一届会议上起草关于反刍动物消化相关微生物的具体建议，供遗传委审议⁹。

¹ CGRFA-17/19/Report, 附录 E。

² CGRFA-19/23/9.2/Inf.1。

³ CGRFA-19/23/Report, 第 79 段。

⁴ CGRFA-19/23/Report, 第 80 段。

⁵ Huws, S.A.、Oyama, L.B.和 Creevey, C.J.。2024。“反刍动物消化相关微生物可持续利用和保护”。第 75 号背景研究文件。粮食和农业遗传资源委员会。罗马。粮农组织。

<https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/b2c40d4d-aab7-477e-8001-c13c09c7ee23/content>

⁶ CGRFA-19/23/Report, 第 81 段。

⁷ CGRFA-19/23/Report, 第 82 段。

⁸ CGRFA-19/23/Report, 第 83 段。

⁹ CGRFA-19/23/Report, 第 84 段。

7. 根据遗传委以往开展的工作¹⁰，本文件简要概述了保护、利用、获取和惠益分享的现状和趋势，绘制了与反刍动物消化相关微生物最相关的区域和国际组织以及其他机构的地图，并分析了这一领域的差距和需求。

II. 背景

8. 反刍动物生产与全球面临的两项最重要挑战高度相关，即面对不断增长的全球人口改善粮食安全和营养，以及减缓气候变化。生活在反刍动物前胃主要部分瘤胃中的微生物，是反刍动物消化能力和甲烷排放的关键所在。

9. 瘤胃微生物组（瘤胃内微生物组合或群落）的特征既影响动物营养供应，又影响饲料消化过程中产生的甲烷数量。调解瘤胃生物群便成为可能改善动物营养和减少甲烷排放的一种方法。

III. 概述、现状和趋势

10. 瘤胃是复杂、动态的生态系统，由厌氧菌、原生动、厌氧真菌、产甲烷古细菌和噬菌体组成。虽然近年来随着技术进步，瘤胃微生物学取得了长足的进步，但人们对此类生物的分类和功能总体上仍知之甚少。

11. 不同宿主物种和全球不同地区瘤胃微生物组分析表明，它们由核心微生物群落主导。不同之处主要由宿主膳食造成，但也受宿主的物种、品种和个体遗传学影响。瘤胃生物少数群体呈地域性分布，可能与气候变化导致的摄入植物材料变化有关，也可能与适应当地情况的反刍动物品种有关。此类“少数”群体中的微生物可能极有助于宿主适应当地环境条件，因而是需要维护和可能进一步利用的遗传多样性库。

12. 全球动物管理方式工业化和同质化趋势意味着瘤胃微生物局部多样性丧失的风险很高。例如，在工业化系统中常见的膳食补充剂（含易消化碳水化合物），与瘤胃微生物群落简化有关，导致细菌多样性降低，可降解纤维的微生物含量下降。同样，反刍动物饲料效率提高（反刍动物饲养的关键目标，旨在可持续供养全球不断增长的人口）也与瘤胃微生物组多样性降低有关。证据表明，使用饲料添加剂以减少反刍动物甲烷生成量的战略已经造成反刍动物微生物组改变，可能会推动其在全球范围内进一步同质化。

¹⁰ Huws, S.A.、Oyama, L.B.和 Creevey, C.J.。2024。“反刍动物消化相关微生物可持续利用和保护”。第 75 号背景研究文件。粮食和农业遗传资源委员会。罗马，粮农组织。

<https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/b2c40d4d-aab7-477e-8001-c13c09c7ee23/content>;

McSweeney, C.和 Mackie, R.。2012。“微生物和反刍动物的消化：知识状况、趋势和未来前景”。第 61 号背景研究文件。粮食和农业遗传资源委员会。罗马。粮农组织。<https://www.fao.org/4/me992e/me992e.pdf>。

IV. 鉴定和保护

13. 上文所述的趋势强调，需梳理并编目瘤胃微生物群落。目前在此方面取得了重要进展，例如，全球农业温室气体研究联盟近期的旗舰项目“亨盖特收集材料”（Hungate Collection）¹¹提供了 501 个瘤胃细菌和古细菌基因组。然而，仍有许多瘤胃微生物基因组尚未获取。

14. 近年来取得了重大技术进步，有助于将瘤胃微生物组与宿主表型相关联，但在确认特定微生物的功能方面尚未取得显著进展。需加强纯瘤胃微生物培养物编目。

15. 德国莱布尼兹研究所 DSMZ-德国微生物和细胞培养物保藏中心¹²和美国典型培养物保藏中心¹³等培养物保藏中心可供公开获取，对于维护全球微生物遗传多样性和确保利益相关方公开获取至关重要。但由于缺乏法律规定，许多分离物并未存放在培养物保藏中心。担忧知识产权问题导致许多具有潜在商业用途的微生物即使在专利获批并发表后仍存放在单独的储存设施中。

16. 人们普遍缺乏与具体地区相关的本地瘤胃微生物知识，而且很少培养微生物。

V. 可持续利用

17. 如上所述，有效管理瘤胃微生物组有助于减轻反刍动物生产系统的甲烷排放。改变宿主膳食最能轻易快速改变瘤胃微生物组和甲烷生成量。潜在干预措施包括减少每单位产品排放量，以及其他能够直接减少排放的措施。前者包括提高喂养水平，降低饲草成熟度和提高饲草消化率，降低饲料精粗比。后者包括在膳食中补充甲烷抑制剂（如在瘤胃产生甲烷最后一步发挥抑制作用的 3-硝基氧丙醇[3-NOP，商业名 Bovaer[®]]）、单宁饲料、电子汇（利用氢的化学品或微生物，能减少甲烷产生量）、油脂或油菜籽。虽然已取得可喜成果，但许多膳食方法的实施机制仍未明朗。

18. 已经证明，宿主基因组能够影响瘤胃微生物组，近期全球数据显示，有望培育出能够减少甲烷排放的反刍动物。根据每日甲烷排放量（克/天）、甲烷单位产量（克/公斤干物质采食量）和甲烷强度（克/公斤或升产品），这种方法有可能将甲烷排放量减少 30%；同样，需进一步开展工作，确认此类方法的潜力，弄清所产生效果背后的机制。

¹¹ <https://genome.jgi.doe.gov/portal/HungateCollection/HungateCollection.info.html>

¹² <https://www.dsmz.de/>

¹³ <https://www.atcc.org/>

19. 瘤胃微生物组（乃至反刍动物胃肠道微生物组）除了对减缓气候变化具有重要意义外，对于落实“同一个健康”方法¹⁴也至关重要。瘤胃细菌具有抗微生物药物耐药基因，容易转移到其他细菌。瘤胃还提供新型生物活性化合物，可能用于改善人类、动物和环境健康。

20. 多年来，由于在促进动物健康和饲料效率方面具有优势，抗生素作为生长促进剂添加至动物饲料。随着许多国家禁止使用抗生素作为预防药物和生长促进剂，替代方法已经快速发展，包括使用直接饲喂微生物（天然存在的活体微生物来源）。直接饲喂微生物在反刍动物中使用的方法仍在开发之中，但已有证据表明，此种方法能够改善幼畜健康、增加乳产量和加快生长，表明其可能是使用抗微生物药物的可行替代方法。

VI. 政策、法律和制度框架

21. 瘤胃微生物管理相关政策和法律框架涵盖气候变化，粮食和农业生物多样性保护、利用和交换，食品和饲料安全，以及市场销售。

22. 气候相关政策正日益影响瘤胃微生物工作的供资，许多供资方优先考虑努力优化瘤胃微生物组，实现甲烷减排。然而，监管框架可能阻碍此类技术应用，因为技术上市获批需要一定时间。在监管方面，在商品标签上说明生产过程中已减少甲烷排放，往往是灰色地带。如果消费者无法或不愿通过市场溢价来承担此类创新成本，可能需要政府干预，支持此类技术应用。在一些国家可能存在的障碍是，批准和使用饲料添加剂政策可能会产生成本影响。推广豆科植物和含单宁草料用作动物饲料等策略可能是成本较低的替代方案，但减排影响较小。

23. 《生物多样性公约关于获取遗传资源和公正和公平分享其利用所产生惠益的名古屋议定书》（《名古屋议定书》）在反刍动物微生物交换方面增加了繁文缛节，引发全球利用和保护参与者关注。

24. 大多数供资机构和期刊都制定了公开获取政策，确保在提交文章供审查时，文章所依据的所有数据必须已经公开。然而，涉及新型微生物分离物研究的出版物在其出版前，无需为确保公开获取而将此类分离物存放在保藏中心。这就是说，为服务于后期研究和社会效益而共享的分离物，其公开获取程度十分有限。这项重大挑战需要我们做出改变。但还需注意，此类改变包括需加强现有培养物保藏中心的基础设施，以便负责组织能够维护和提供更多分离物。

¹⁴ “‘同一个健康’是综合性统一方法，旨在可持续平衡和优化人类、动物和生态系统健康状况，认识到人类、家畜和野生动物、植物以及大环境（包括生态系统）的健康密切联系、相互依存”。同一个健康高级别专家小组，Adisasmito, W.B., Almuhairei, S., Behraves, C.B., Bilivogui, P., Bukachi, S.A.等。2022。《同一个健康：可持续和健康未来新定义》。PLoS Pathogens, 18(6): e1010537。
<https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1010537>。

25. 反刍动物消化相关微生物保护和可持续利用涉及的主要机构和网络包括第 IV 节中讨论的培养物保藏中心、全球农业温室气体研究联盟（也在第 IV 节中讨论）、全球农业温室气体研究联盟家畜研究组和瘤胃微生物基因组学网络，以及全球若干具有分离和维护反刍动物微生物重要能力并自身拥有收集材料的大学和研究机构。私营部门可能也拥有收集材料，但其细节并未公开。除了上文提到的全球农业温室气体研究联盟项目，其他一些主要项目也在全球范围促进利益相关方合作，包括欧盟地平线 2020 项目 MASTER（技术和企业促进微生物组在可持续粮食体系领域的应用）¹⁵以及反刍动物 Holoruminant 项目¹⁶。一些发展中国家利益相关方报告称，缺乏资金制约其参与合作活动。

VII. 差距、需求和潜在行动

26. 根据第 75 号背景研究文件，明确了以下差距和需求：

- 研究。为提高对瘤胃微生物组及其功能的认识，仍有许多工作有待开展。优先重点包括改进瘤胃微生物培养技术，并研究能否使用分离物作为直接饲喂微生物，从而减少甲烷排放。
- 培养物保藏中心。各期刊需坚持将其所发布研究中使用的微生物存放在可供公开获取的培养物保藏中心。培养物保藏中心需扩容，以便容纳更多材料。
- 政策框架。需审查并酌情更新相关政策、立法和制度安排，包括与获取和惠益分享以及知识产权有关的政策、立法和制度安排，确保提供适当的有利框架，促进瘤胃微生物研究与合作及其管理。还需制定政策，促进吸收该领域研究产生的创新成果，帮助减少甲烷排放。

27. 同样，可采取下述行动：

- 成立全球专家组，确定反刍动物消化相关微生物管理活动的优先次序，并确定可持续利用和保护此类生物体面临的阻力；
- 确保为瘤胃微生物培养、编目和管理相关全球研究活动提供充足资源；
- 推广相关政策，确保所有纯培养的微生物分离物在发表与该生物体有关的任何数据之前存放在培养物保藏中心，以供公开获取；

¹⁵ <https://www.master-h2020.eu/>

¹⁶ <https://holoruminant.eu/>

- 对于可供公开获取的培养物保藏中心，应加强其管理组织的能力，以便应对分离物存放政策提出的更多要求；
- 加大对瘤胃微生物组管理研究供资，特别是在反刍动物育种和膳食创新方面；
- 推动政策和法律创新，促进在全球范围内交换瘤胃微生物样本；
- 提供激励措施，鼓励全球合作，特别是涉及中低收入国家的合作。

VIII. 征求指导意见

28. 工作组不妨就以下问题向遗传委提出建议：

- (i) 应加强和改进反刍动物消化相关微生物可持续利用和保护方面的现有全球体制框架，包括确定优先重点和促进全球合作的框架；
- (ii) 应改进与批准甲烷抑制剂有关的现有法律和政策框架以及与瘤胃微生物样品交换有关的法律和政策框架，以便于其批准和交流；
- (iii) 粮农组织应支持各国制定或加强与瘤胃微生物管理有关的国家政策、法律和体制框架；
- (iv) 应改进与瘤胃微生物培养、编目、鉴定和管理有关的全球研究举措的资源配置；
- (v) 应制定激励措施，鼓励在可供公开获取的培养物保藏中心沉积瘤胃微生物分离株，并提高此类保藏中心的能力，满足日益增长的需求。